



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**
①⑩ **DE 102 46 848 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
C 22 C 21/02
C 22 C 13/00

②⑦ Aktenzeichen: 102 46 848.6
②② Anmeldetag: 8. 10. 2002
④③ Offenlegungstag: 8. 5. 2003

③⑩ Unionspriorität:
2001/312563 10. 10. 2001 JP

⑦① Anmelder:
Daido Metal Co., Ltd., Nagoya, JP

⑦④ Vertreter:
Patent- und Rechtsanwälte Kraus & Weisert, 80539
München

⑦② Erfinder:
Kagohara, Yukihiko, Nagoya, JP; Hoshina, Takeshi,
Nagoya, JP; Ishikawa, Hideo, Nagoya, JP;
Sakamoto, Masaaki, Nagoya, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Aluminiumlagerlegierung

⑤⑦ Beschrieben wird eine Aluminiumlagerlegierung, enthaltend 1,5 bis 8 Massenprozent Si, in der Si-Körner auf der Gleitoberfläche der Aluminiumlagerlegierung beobachtet werden können. Die Bruchteilsfläche der beobachteten Si-Körner mit einer Korngröße von weniger als 4 µm beträgt 20 bis 60% der Gesamtfläche aller beobachteten Si-Körner. Eine weitere Bruchteilsfläche der beobachteten Si-Körner mit einer Korngröße von 4 bis 20 µm beträgt nicht weniger als 40% der Gesamtfläche aller beobachteten Si-Körner.

DE 102 46 848 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Aluminiumlagerlegierung für Lager, die in Hochleistungsmotoren von Kraftfahrzeugen, allgemeinen technischen Maschinen und dergleichen verwendet werden.

5 [0002] Es sind schon Aluminiumlagerlegierungen, die üblicherweise Sn und/oder Pb enthalten, um den Legierungen eine Konformabilität zu verleihen, eingesetzt worden. Die meisten dieser Legierungen enthalten Sn, da Pb für die Umwelt schädlich ist und schlecht gleichförmig in den Legierungen dispergiert werden kann.

[0003] Aluminiumlagerlegierungen, die Sn enthalten, werden zu Platten gegossen. Die Platten werden mit einer Stahlstütze durch Walzenverbinden verbunden, um Lager zu erhalten. Bei der Herstellung von Lagern unter Verwendung von 10 Aluminiumlagerlegierungen ist nach dem Walzbindungsprozess eine Vergütung bzw. ein Glühen erforderlich, um die Zähigkeit der Lagerlegierungen zu verbessern und die Bindungsfestigkeit zwischen den Lagerlegierungen und der Stahlstütze zu verstärken. Aluminiumlagerlegierungen, die Sn enthalten, sind aber mit dem Problem behaftet, dass, wenn sie einer Vergütungs- bzw. Glühbehandlung bei hoher Temperatur unterworfen werden, die Aluminiumkörner und kristallisiertes Zinn in der Legierungsstruktur grob werden, was zu einer Verschlechterung der Härte bei hoher Temperatur und 15 der Ermüdungsbeständigkeit der Legierungen führt.

[0004] Es ist schon eine Aluminiumlagerlegierung vorgeschlagen worden, die eine ausgezeichnete Ermüdungsbeständigkeit unter hoher Last und bei hoher Temperatur zeigt. Sie enthält feine Hartteilchen, zum Beispiel Si-Körner mit einer Größe von weniger als 5 µm, zum Zwecke der Verhinderung einer Vergrößerung der Al-Kristalle und des auskristallisierten Sn und der Verfestigung der Al-Matrix.

20 [0005] In der JP-A-58-64332 ist schon eine weitere Aluminiumlagerlegierung vorgeschlagen worden, bei der Hartteilchen zu dem gleichen Zweck, jedoch mit einem unterschiedlichen Verfestigungsprinzip der Al-Matrix zugesetzt worden sind. Diese Druckschrift lehrt die Verwendung von Si-Körnern als darin enthaltene Hartteilchen und die Kontrolle ihrer Größe und ihrer Verteilung, wodurch die Lagereigenschaften, insbesondere die Konformabilität und die Beständigkeit gegenüber fressendem Verschleiß unter hoher Last und bei hoher Temperatur signifikant verbessert werden. Spezieller- 25 weise ist es gemäß der Offenbarung dieser Druckschrift möglich, grobe Si-Körner mit einer Größe von nicht weniger als 5 µm bis nicht mehr als 40 µm zu erhalten, indem die Hitzebehandlungsbedingungen und dergleichen verändert werden, während die meisten der herkömmlichen Si-Körner eine Größe von weniger als 5 µm hatten, wodurch der Effekt erhalten wird, dass Kanten von Bärten bzw. Pressnähten um knotenförmige Graphitkörner und Vorsprünge, die auf der Oberfläche einer paarenden Welle vorhanden sind, durch die groben Si-Körner in der Anfangsstufe des Gleitvorgangs weggekratzt 30 werden, wodurch bewirkt wird, dass die Oberfläche der paarenden Welle glatt gemacht wird (nachstehend wird dieser Effekt als "Wrapping-Effekt" bezeichnet). Hierdurch resultieren signifikant verbesserte Beständigkeitseigenschaften gegenüber fressendem Verschleiß des Lagers, so dass selbst unter hoher Last kein fressender Verschleiß auftritt.

[0006] In dieser Druckschrift wird auch beschrieben, dass feine Si-Körner die Eigenschaften bzgl. fressendem Verschleiß des Lagers nicht beeinflussen, während sie die Al-Matrix verfestigen, um die groben Si-Körner zu halten, wo- 35 durch verhindert wird, dass sie während des Gleitvorgangs in die Al-Matrix eingebettet werden. Was die Hitzebehandlung betrifft, so lehrt diese Druckschrift es, die Legierung einer Vergütungs- bzw. Glühbehandlung bei 350°C bis 550°C gerade vor dem Walzverbinden beim vorstehend beschriebenen Herstellungsprozess zu unterwerfen, so dass in der Al-Matrix supergesättigtes Si ausgefällt wird. Die Druckschrift lehrt auch, dass die Si-Körner bei anderen Verfahren nicht grob werden, beispielsweise beim Vergüten nach dem Gießen oder Walzen, und dass vorzugsweise grobe Si-Körner mit 40 einer Anzahl von nicht weniger als fünf innerhalb einer Flächeneinheit von $3,56 \times 10^{-2} \text{ mm}^2$ existieren.

[0007] Mit dem neueren Bedarf von Hochgeschwindigkeitsmotoren oder von Hybrid-Motoren besteht die Tendenz, dass der Ölfilm, der zwischen dem Lager und der paarenden Welle vorliegt, dünner wird, so dass beide Elemente teilweise miteinander während des Betriebs in Metall-Metall-Kontakt kommen. Es ist allgemein festgestellt worden, dass in dem Aluminium enthaltene Hartteilchen gleichförmig dispergiert werden, um die Al-Matrix zu verfestigen, und dass je 45 geringer die Teilchengröße ist, desto wirksamer die Teilchen sind. Bei den vorgenannten herkömmlichen Techniken passiert die erstgenannte auf diesem Prinzip, das darin besteht: zu bewirken, dass die Al-Matrix Si-Körner mit einer Größe von weniger als 5 µm enthält. Gemäß einem Experiment der genannten Erfinder treten aber bei strengen Betriebsbedingungen dahingehend, dass das Lager und die paarende Welle sich teilweise miteinander in einem Metall-Metall-Kontakt befinden, Verschleißprobleme des Lagers und ein fressender Verschleiß aufgrund eines Abfallens der Si-Körner auf, so 50 dass die kleinen Si-Körner mit einer Größe von weniger als 5 µm zusammen mit der Al-Matrix verschlissen werden, wenn eine Adhäsion oder ein Abrieb zwischen der Al-Matrix und der paarenden Welle durch gleitenden Kontakt mit der Welle auftritt.

[0008] Im Falle der letztgenannten Technik, die darin besteht, die Si-Körner so zu vergrößern, dass sie eine Größe von mehr als 5 µm haben, kann es sein, dass die groben Si-Körner, die dazu dienen, eine Last von einer paarenden Welle auf- 55 zunehmen, Auslösungspunkte für Ermüdungsrisse sind, so dass ein Lager gemäß der letztgenannten herkömmlichen Technik eine schlechtere Ermüdungsbeständigkeit hat.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung einer Aluminiumlagerlegierung mit ausgezeichneten Verschleiß- und Ermüdungsbeständigkeitseigenschaften.

[0010] Wie oben zum Ausdruck gebracht wurde ist bislang versucht worden, die Ermüdungsbeständigkeitseigenschaften dadurch zu verbessern, dass die Si-Körner so fein wie möglich gemacht wurden, und dass sie in der Al-Matrix dispergiert wurden. Es ist auch schon versucht worden, die Beständigkeitseigenschaften gegenüber fressendem Verschleiß 60 dadurch zu verbessern, dass die Si-Körner so groß wie möglich gemacht werden.

[0011] Die benannten Erfinder haben Anstrengung unternommen, die Lagereigenschaften von einem unterschiedlichen Gesichtspunkt aus, anstelle dass sie dem derzeitigen Stand der Technik gefolgt sind, zu verbessern. Schließlich ha- 65 ben die Erfinder gefunden, dass die Verschleißbeständigkeitseigenschaften verbessert werden können, während die Ermüdungsbeständigkeitseigenschaften verbessert werden, wenn kleine und große Si-Körner im richtigen Verhältnis gemeinsam vorliegen. Die erfindungsgemäße Aluminiumlagerlegierung enthält 1,5 bis 8 Massenprozent Si und besteht zum Rest im Wesentlichen aus Aluminium. Si-Körner können auf der Gleitoberfläche der Aluminiumlagerlegierung be-

obachtet werden. Die Bruchteilsfläche bzw. die anteilige Fläche der beobachteten Si-Körner mit einer Korngröße von weniger als 4 µm beträgt 20 bis 60% der Gesamtfläche aller beobachteten Si-Körner. Die weitere Bruchteilsfläche bzw. anteilige Fläche der beobachteten Si-Körner mit einer Korngröße von 4 bis 20 µm beträgt nicht weniger als 40% der Gesamtfläche aller beobachteten Si-Körner.

[0012] Die Aluminiumlagerlegierung kann 3 bis 40 Massenprozent Sn enthalten.

[0013] Die Aluminiumlagerlegierung kann auch ein oder mehrere Elemente ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Cu, Zn und Mg in einer Gesamtmenge von 0,1 bis 6 Massenprozent enthalten.

[0014] Die Aluminiumlagerlegierung kann weiterhin auch ein oder mehrere Elemente ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Mn, V, Mo, Cr, Ni, Co und W in einer Gesamtmenge von 0,01 bis 3 Massenprozent enthalten.

[0015] Nachstehend werden die Gründe für die jeweiligen Gehalte der Bestandteile der Lagerlegierung erläutert.

(1) Si: 1,5 bis 8 Massenprozent

[0016] Si löst sich in der Al-Matrix auf und kristallisiert als Einzelsubstanz von Si-Körnern. Das kristallisierte Si verhindert, dass die Aluminiumlagerlegierung an einem paarenden Element haftet. Die kristallisierten, elementaren und feinen Si-Körner, die in der Al-Matrix dispergiert sind, verstärken die Ermüdungsbeständigkeitseigenschaften der Al-Matrix und größere Si-Körner tragen zu einer Verbesserung der Verschleißbeständigkeitseigenschaften der Aluminiumlagerlegierung bei. Wenn die Si-Menge weniger als 1,5 Massenprozent beträgt, dann können keine derartigen Effekte erhalten werden. Wenn andererseits die Si-Menge über 8 Massenprozent hinausgeht, dann werden die Ermüdungsbeständigkeitseigenschaften wegen einer überschüssigen Menge von größeren Si-Körnern verschlechtert. Die Si-Menge liegt vorzugsweise im Bereich von 3 bis 7 Massenprozent.

(2) Sn: 3 bis 40 Massenprozent

[0017] Sn verbessert die Lageroberflächeneigenschaften, wie die Beständigkeit gegenüber fressendem Verschleiß, die Konformabilität und die Einbettbarkeit. Wenn die Sn-Menge geringer als 3 Massenprozent ist, dann kann kein solcher Effekt erhalten werden. Wenn andererseits die Sn-Menge über 40 Massenprozent hinausgeht, dann werden die mechanischen Eigenschaften der Matrix verschlechtert, was zu einer Verschlechterung der Lagereigenschaften führt. Die Sn-Menge liegt vorzugsweise im Bereich von 6 bis 20 Massenprozent.

(3) Cu, Zn, Mg: 0,1 bis 6 Massenprozent eines oder mehrerer dieser Elemente

[0018] Diese fakultativen Elemente sind Additive, die die Festigkeit der Al-Matrix verbessern. Sie können zwangsweise in der Al-Matrix durch eine Festlösungsbehandlung aufgelöst werden und danach können feine Verbindungen davon durch Abschrecken und Altern (bzw. Vergüten) ausgefällt werden. Ein solcher Effekt kann nicht erwartet werden, wenn die Menge des Elements (der Elemente) insgesamt weniger als 0,1 Massenprozent beträgt. Wenn andererseits die Menge insgesamt über 6 Massenprozent hinausgeht, dann werden die Verbindungen grob. Die Gesamtmenge dieser Elemente liegt vorzugsweise im Bereich von 0,5 bis 5,5 Massenprozent.

(4) Mn, V, Mo, Cr, Ni, Co, W: 0,01 bis 3 Massenprozent eines oder mehrerer dieser Elemente

[0019] Diese fakultativen Elemente lösen sich elementar in der Al-Matrix auf oder sie kristallisieren in Form von Hyperkomplexen zwischen metallischen Verbindungen. Sie verbessern die Ermüdungsbeständigkeitseigenschaften der Aluminiumlagerlegierung. Wenn ihre Menge weniger als 0,01 Massenprozent beträgt, dann kann kein derartiger Effekt erhalten werden. Wenn andererseits die Menge über 3 Massenprozent hinausgeht, dann wird die Konformabilität des Lagers verschlechtert. Die Gesamtmenge liegt vorzugsweise im Bereich von 0,2 bis 2 Massenprozent.

(5) Si-Körner

[0020] Die Bruchteilsfläche der Si-Körner mit einer Korngröße von weniger als 4 µm, die auf der Gleitoberfläche des Lagers erscheinen, ist 20 bis 60% der Gesamtfläche aller beobachteten Si-Körner. Die Bruchteilsfläche der Si-Körner mit einer Korngröße von 4 bis 20 µm ist nicht weniger als 40% der Gesamtfläche der gesamten beobachteten Si-Körner. Si-Körner verbessern die Verschleißbeständigkeit und die Ermüdungsbeständigkeit der Lager. Si-Körner mit einem Durchmesser von weniger als 4 µm sind in der Al-Matrix dispergiert, wodurch die Ermüdungsbeständigkeitsfestigkeit des Lagers erhöht wird. Si-Körner mit einem Durchmesser von 4 bis 20 µm tragen die Last von dem paarenden Element, sie tragen zu einer Verbesserung der Verschleißbeständigkeitseigenschaften bei und sie verbessern die Beständigkeitseigenschaften gegenüber fressendem Verschleiß aufgrund des "Wrapping-Effekts". Die Si-Körner mit einem Durchmesser von 4 bis 20 µm wirken so, dass sie in die Al-Matrix unter der Last der paarenden Welle hineingedrückt werden, so dass sie kaum abfallen können. Daher können aufgrund des gemeinsamen Vorliegens von groben und feinen Si-Körnern die Effekte erhalten werden, dass die feinen Si-Körner nicht abfallen und dass die Verklebungsbeständigkeit des Lagers gegenüber dem paarenden Element gewährleistet wird.

[0021] Wenn die Bruchteilsfläche der Si-Körner mit einer Größe von weniger als 4 µm weniger als 20% der Gesamtfläche der auf der Gleitoberfläche erscheinenden Si-Körner beträgt, dann wird die Al-Matrix durch die feinen in der Al-Matrix dispergierten Si-Körner nicht besonders gut verfestigt, weil die Menge der dispergierten Si-Körner zu gering ist. Auch wird in diesem Fall die Ermüdungsbeständigkeit des Lagers verschlechtert, weil eine zu hohe Menge von groben Si-Körnern mit einem Durchmesser von nicht weniger als 4 µm vorliegt. Wenn die Bruchteilsfläche der Si-Körner mit einer Größe von weniger als 4 µm größer als 60% der Gesamtfläche aller Si-Körner ist (was bedeutet, dass die Bruchteilsfläche der Si-Körner mit einer Größe von 4 bis 20 µm weniger als 40% der Gesamtfläche aller Si-Körner ist), dann liegt

- eine ziemlich große Menge von feinen Si-Körnern vor, so dass es wahrscheinlich ist, dass diese bei einem Gleitkontakt mit dem paarenden Element abfallen, und es liegt eine kleine Menge von größeren Si-Körnern vor, die in der Al-Matrix zurückgehalten werden und die Last von dem paarenden Element tragen, so dass die Verschleißbeständigkeitseigenschaften des Lagers verschlechtert werden. Vorzugsweise liegt die Bruchteilsfläche der Si-Körner mit einem Durchmesser von weniger als 4 µm im Bereich von 25 bis 45% der Gesamtfläche aller erscheinenden Si-Körner, und die Bruchteilsfläche der Si-Körner mit einem Durchmesser von 4 bis 20 µm ist nicht weniger als 55% der Gesamtfläche aller erscheinenden Si-Körner. Weiterhin liegt vorzugsweise die Bruchteilsfläche der Si-Körner mit einem Durchmesser von 7 bis 15 µm im Bereich von 15 bis 30% der Gesamtfläche aller erscheinenden Si-Körner.
- [0022] Die Messung der Bruchteilsfläche der Si-Körner erfolgt durch Analyse einer Mikrofotographie einer Gleitoberfläche mittels eines Bildanalysegeräts, wobei der Durchmesser jedes Si-Korns, das in einer Gleitoberflächen-Fläche von 0,0125 mm² beobachtet wird, gemessen wird und der Flächenanteil auf der Basis der erhaltenen Messungen errechnet wird. Was den Durchmesser der jeweiligen Si-Körner betrifft, so wird die Fläche des jeweiligen Si-Korns gemessen und danach wird ein Durchmesser eines Kreises, dessen Fläche dem obigen Messergebnis gleich ist, errechnet, der als äquivalenter Durchmesser des gemessenen Si-Korns bestimmt wird.
- [0023] Die Erfindung wird anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert.
- [0024] Die Figur zeigt eine schematische Ansicht einer Mikrofotographie, die eine Lagerlegierung wie gegossen zeigt.
- [0025] Nachstehend wird ein Verfahren zur Herstellung von Lagerprobekörpern beschrieben.

(A) Aluminiumlagerlegierung enthaltend Sn

- [0026] Eine Sn-enthaltende Aluminiumlagerlegierung mit vorbestimmter Zusammensetzung wird geschmolzen und durch kontinuierliches Gießen zu einer Platte mit einer Dicke von 15 mm gegossen. Wie in der Figur gezeigt wird, sind in der kontinuierlich gegossenen Platte der Lagerlegierung die Si-Körner an den Dendritgrenzflächen der Al-Matrix und in einer Sn-Phase kristallisiert.
- [0027] Die kontinuierlich gegossene Platte der Aluminiumlagerlegierung wird einer Schleifbehandlung unterworfen, um den Oberflächenbereich zu entfernen, in dem eine Segregation stattgefunden hat. Danach erfolgt ein kontinuierliches Kaltwalzen, um eine Platte mit einer Dicke von 6 mm herzustellen. Daran schließt sich ein Vergüten bzw. Glühen an, um Spannungen zu mindern und die Additivelemente zu stabilisieren.
- [0028] Danach wird ein dünnes Aluminiumblech als Bindungsschicht mit der Aluminiumlagerlegierungsplatte durch Walzenbindung verbunden. Danach wird mit einer Stahlstütze verbunden, um ein Bimetall-Produkt herzustellen. Daran schließt sich ein Vergüten bzw. Glühen an, um die Bindungsfestigkeit zwischen der Aluminiumlagerlegierungsplatte und der Stahlstütze zu verstärken und um Spannungen zu mindern. Gegebenenfalls wird das Bimetall-Produkt einer Festlösungsbehandlung unterworfen, um die Aluminiumlagerlegierung zu verfestigen, gefolgt von einem Kühlen mit Wasser und einer nachfolgenden Alterung.
- [0029] Das so hergestellte Bimetall-Produkt wird in Halbkreisform, d. h. ein Halblager, verformt. Ein Paar Halblager wird stumpf aneinander zu einer zylindrischen Form gefügt, um ein Motorenlager zu ergeben.
- [0030] Hier sollte im Falle einer Sn-enthaltenden Aluminiumlagerlegierung beachtet werden, dass Si-Körner, die in der Sn-Phase als eutektische Struktur beim Gießen kristallisiert werden, durch die Vergütungsbehandlung nach dem Gießen kugelförmig gemacht und vergrößert werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass das Sn beim Vergüten in den geschmolzenen Zustand überführt wird und dass es wahrscheinlich ist, dass die Si-Körner aufgrund einer erhöhten Oberflächenspannung der jeweiligen Si-Körner kugelförmig sind. Während Si-Körner mit einer nadelförmigen Struktur durch wiederholtes Walzen und Vergüten fein zerkleinert werden und gleichförmig in der Al-Matrix dispergiert werden, behalten die jeweiligen kugelförmigen Si-Körner in der Al-Matrix ihre Größe fast vollständig bei, wodurch ein gemeinsames Vorliegen von feinen und großen Si-Körnern realisiert werden kann.
- [0031] Erfindungsgemäß wird ein Koexistenzzustand der feinen Si-Körner mit einer Größe von weniger als 4 µm und der großen Si-Körner mit einer Größe von 4 bis 20 µm herbeigeführt. Die Koexistenzrate der feinen und großen Si-Körner ist so, dass die Bruchteilsfläche bzw. anteilige Fläche der feinen Si-Körner mit einer Größe von weniger als 4 µm 20 bis 60% der Gesamtfläche aller auf der Gleitoberfläche des Lagers erscheinenden Si-Körner beträgt, und dass die Bruchteilsfläche bzw. anteilige Fläche der großen Körner mit einer Größe von 4 bis 20 µm nicht weniger als 40% der Gesamtfläche aller auf der Gleitoberfläche erscheinenden Si-Körner beträgt. Um die Größe der Si-Körner auf die obigen Werte zu kontrollieren wird ein Vergüten bzw. Glühen nach dem Gießen bei Bedingungen einer Temperatur von 350 bis 450°C und einer Behandlungszeit von 8 bis 24 Stunden, vorzugsweise 370 bis 430°C über 10 bis 20 Stunden durchgeführt.

(B) Sn-freie Aluminiumlagerlegierung

- [0032] Im Falle einer Sn-freien Aluminiumlagerlegierung werden kaum Si-Körner durch das Vergüten nach dem Gießen erhalten. Somit wird eine Platte mit größerer Dicke gegossen, wobei diese langsam abgekühlt wird, wodurch größere Si-Körner kristallisieren können. Danach kann durch Kontrolle der Arbeitsvorgänge des Walzens und des Walzenverbindens eine vorbestimmte Rate von gemeinsam existierenden feinen und großen Si-Körnern realisiert werden.
- [0033] Die Probekörper der erfindungsgemäßen Beispiele 1 bis 9 und der Vergleichsbeispiele 1 bis 9 wurden hergestellt. Ihre chemischen Zusammensetzungen sind in Tabelle 1 angegeben. Die Bruchteilsflächenraten der Si-Körner unter einer Grenzkorngröße von 4 µm wurden im jeweiligen Beispiel bestimmt. Ein Verschleißtest und ein Ermüdungstest wurden bei den Probekörpern der Beispiele durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die Tabellen 2 und 3 zeigen die Bedingungen des Verschleißtests bzw. des Ermüdungstests. Der Verschleißtest wurde dadurch durchgeführt, dass Start und Stop unter scharfen Bedingungen wiederholt wurden, um einen Verschleiß entsprechend einem solchen zu fördern, bei dem eine Anfangsbehandlung von einem Metall-Metall-Kontakt gestartet wurde.

Tabelle 1

Nr.	Zusammensetzung										Durchmesser der Si-Körner und die Bruchteilflächenrate (%)		Ausmaß des Verschleißes	Spezifischer Druck ohne Ermüdung
	Al	Si	Sn	Cu	Zn	Mg	V	Mn			<4 µm	4 µm ≤		
erfindungsgemäße Beispiele	1 Bal.	3,0	12	-	-	-	-	-	-	-	52	48	µm	MPa
	2 Bal.	4,0	20	0,7	-	0,1	0,2	-	-	-	29	71	15	110
	3 Bal.	3,5	10	1,4	-	-	0,2	0,1	-	-	43	57	8	120
	4 Bal.	3,0	8	1,0	-	-	0,3	-	-	-	38	62	9	120
	5 Bal.	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	25	75	10	120
	6 Bal.	6,0	-	1,0	4,0	-	-	-	-	-	40	60	10	120
	7 Bal.	4,5	-	0,5	3,0	0,5	-	-	-	-	45	55	6	130
	8 Bal.	7,0	-	2,0	-	1,0	0,2	-	-	-	30	70	10	130
	9 Bal.	5,0	-	1,0	3,0	0,8	-	0,1	-	-	33	67	5	120
Vergleichsbeispiele	1 Bal.	3,0	12	-	-	-	-	-	-	-	82	18	7	130
	2 Bal.	4,0	20	0,7	-	0,1	0,2	-	-	-	75	25	61	110
	3 Bal.	3,5	10	1,4	-	-	0,2	0,1	-	-	16	84	52	120
	4 Bal.	3,0	8	1,0	-	-	0,3	-	-	-	18	82	30	90
	5 Bal.	7,0	-	-	-	-	-	-	-	-	91	9	23	90
	6 Bal.	6,0	-	1,0	4,0	-	-	-	-	-	11	89	56	120
	7 Bal.	4,5	-	0,5	3,0	0,5	-	-	-	-	86	14	20	100
	8 Bal.	7,0	-	2,0	-	1,0	0,2	-	-	-	95	5	54	130
	9 Bal.	5,0	-	1,0	3,0	0,8	-	0,1	-	-	74	26	68	120
*Fußnote: "Bal." bedeutet "Rest".														

Tabelle 2

	Verschleißtest	Bedingungen
5	Umfangsgeschwindigkeit	1,7 m/s
	Testlast	4,0 MPa
10	Testzeit	20 Stunden
		1 Zyklus (vom Start bis zum Stop) von 4 Sekunden
15	Schmiermittel	VG10
	Wellenmaterial	JIS S55C
20	Bestimmungsmethode	Messung der Veränderung des Innendurchmessers

Tabelle 3

	Ermüdungstest	Bedingungen
30	Umfangsgeschwindigkeit	9,0 m/s
	Testzeit	20 Stunden
	Schmiermittel	VG68
35	Ölbeschickungstemperatur	100°C
	Ölbeschickungsdruck	0,49 MPa
40	Wellenmaterial	JIS S55C
	Bestimmungsmethode	Maximaler spezifischer Druck ohne Ermüdung

[0034] Aus den Testergebnissen der Tabelle 1 wird ersichtlich, dass die erfindungsgemäßen Probekörper der Beispiele 1 bis 9 ausgezeichnete Eigenschaften sowohl hinsichtlich der Verschleiß- als auch der Ermüdungsbeständigkeit haben. Insbesondere haben die Probekörper der erfindungsgemäßen Beispiele 2 bis 9 ausgezeichnete Eigenschaften sowohl hinsichtlich der Verschleißbeständigkeit als auch der Ermüdungsbeständigkeit. Sie enthalten die feinen Si-Körner mit weniger als 4 µm mit einer Bruchteilsflächenrate von 25 bis 45% oder die großen Si-Körner von nicht weniger als 4 µm mit einer Bruchteilsflächenrate von nicht weniger als 55%.

[0035] Demgegenüber haben die Probekörper der Vergleichsbeispiele 1, 2, 5, 7, 8 und 9 einen schlechten "Wrapping-Effekt" gegenüber dem paarenden Element, da sie viele feine Si-Körner enthalten, von denen es wahrscheinlich ist, dass sie durch den Gleitkontakt mit dem paarenden Element abfallen. Sie haben auch eine schlechtere Abriebbeständigkeit, da sie eine kleine Menge von großen Si-Körnern enthalten, die die Last des paarenden Elements tragen, was dazu führt, dass es sein kann, dass die Al-Matrix an dem paarenden Element haftet.

[0036] Die Probekörper der Vergleichsbeispiele 3, 4 und 6 haben eine schlechtere Ermüdungsbeständigkeit, da sie eine kleine Menge von feinen Si-Körnern mit weniger als 4 µm enthalten und eine große Menge von großen Si-Körnern von nicht weniger als 4 µm enthalten, was zu erhöhten Auslöschungspunkten von Ermüdungsrissen führt.

Patentansprüche

1. Aluminiumlagerlegierung, umfassend 1,5 bis 8 Massenprozent Si, wobei Si-Körner auf der Gleitoberfläche der Aluminiumlagerlegierung beobachtet werden können und wobei die Bruchteilsfläche der beobachteten Si-Körner mit einer Korngröße von weniger als 4 µm 20 bis 60% der Gesamtfläche der gesamten beobachteten Si-Körner beträgt und wobei eine weitere Bruchteilsfläche der beobachteten Si-Körner mit einer Korngröße von 4 bis 20 µm nicht weniger als 40% der Gesamtfläche aller beobachteten Si-Körner beträgt.
2. Aluminiumlagerlegierung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie weiterhin 3 bis 40 Massenprozent

Sn umfasst.

3. Aluminiumlagerlegierung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sie weiterhin ein oder mehrere Elemente ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Cu, Zn und Mg in einer Gesamtmenge von 0,1 bis 6 Massenprozent umfasst.

4. Aluminiumlagerlegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass sie weiterhin ein oder mehrere Elemente ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Mn, V, Mo, Cr, Ni, Co und W in einer Gesamtmenge von 0,01 bis 3 Massenprozent umfasst.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

1

2

2

31

32

40

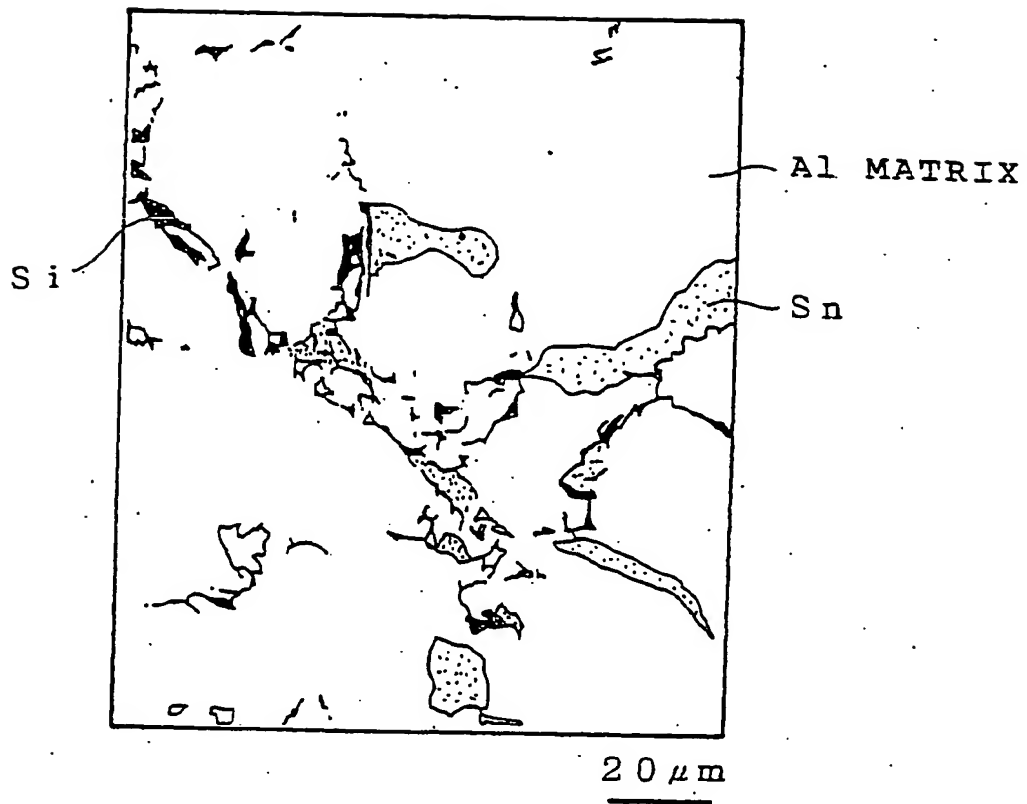
45

50

55

60

65



Figur